

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-042719

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

H01J 43/20

(21)Application number : 2000-227382

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 27.07.2000

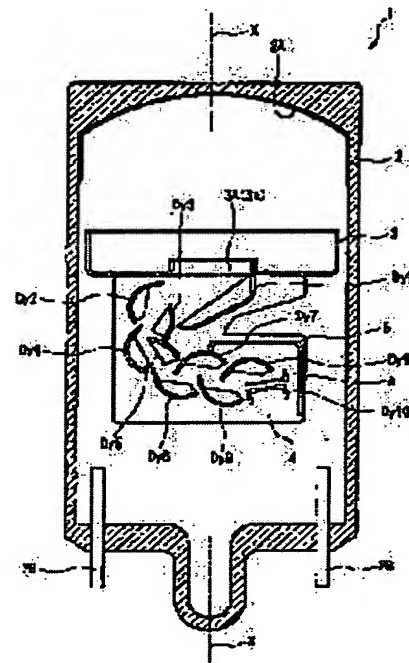
(72)Inventor : KIMURA SUENORI  
FURUHASHI MASAMI  
ISHIZU TOMOHIRO  
ITO MASUYASU

## (54) PHOTOMULTIPLIER TUBE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a photomultiplier tube with an excellent vibration resistance property capable of enhancing a pulse linearity characteristic and a time response property.

SOLUTION: Dynodes having approximately the same shape as that of a dynode Dy2 at a second stage are used for dynodes Dy4, Dy6-Dy9 at the fourth stage and sixth to ninth stages. Smaller dynodes than the dynode Dy2 at the second stage are used for dynodes Dy3, Dy5 at the third stage and the fifth stage. Dynodes Dy1-Dy10 at the ten stages are arranged such that a dynode internal space route formed between the dynodes opposed to each other crosses a tube axis X. A mesh-like anode A is used as an anode A and is arranged at an opposite side of the dynode Dy2 at the second stage.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The tubular vacuum housing prolonged along with a tube axis, and the photoelectric surface which is located in the direction end face of a tube axis of this tubular vacuum housing, carries out photo electric translation of the light which carried out incidence, and emits an electron, In the photomultiplier tube which consists of n steps for having a secondary emission surface in a wall and carrying out multiplication of this electron one by one of dynodes, and an anode for receiving the electron by which multiplication was carried out by the dynode of these n stages When carrying out opposite arrangement of the dynode of the first rank in this photoelectric surface and making i into the integer below two (n-1) or more, This secondary emission surface of the dynode of the i-th step carries out opposite arrangement in \*\* (i-1) \*\*\*\* and this secondary emission surface of the dynode of eye a \*\* (i+1) stage. the dynode of eye a \*\* (n-2) stage and eye a \*\* (n-1) stage -- this, while using the dynode of the 2nd step, and the dynode of an abbreviation same configuration A dynode smaller than the dynode of the 2nd step is used. the dynode of the 3rd step and the 5th step -- this -- The dynode of these n stages is arranged so that the dynode building envelope path formed between the dynodes which counter mutually may cross this tube axis. as this anode -- a mesh-like anode -- using it -- this mesh-like anode -- this tube axis -- receiving -- this -- the photomultiplier tube characterized by arranging in an opposite hand with the dynode of the 2nd step.

[Claim 2] The secondary emission surface of this 2nd step dynode is the photomultiplier tube according to claim 1 characterized by consisting of a flat surface which stands in a row flat-tapped with the curved surface and this curved surface which make the shape of cross-section radii.

[Claim 3] the dynode of eye a \*\* (n-3) stage -- this -- the photomultiplier tube according to claim 1 or 2 characterized by being the dynode and abbreviation same configuration of the 2nd step.

[Claim 4] the dynode of eye a \*\* (n-4) stage -- this -- the photomultiplier tube according to claim 1 to 3 characterized by being the dynode and abbreviation same configuration of the 2nd step.

[Claim 5] this -- the 3rd step -- and -- this -- the photomultiplier tube according to claim 1 to 4 characterized by forming the secondary emission surface of the dynode of the 5th step only from the curved surface which makes the shape of cross-section radii.

[Claim 6] this -- the 3rd step -- and -- this -- the dynode of the 5th step -- this -- the dynode of the 2nd step, and abbreviation -- an analog -- the photomultiplier tube according to claim 1 to 4 characterized by being a \*\*.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] About a photo-multiplier, especially this invention is excellent in vibration resistance, and relates to the photo-multiplier which raised a pulse linearity property and time response nature.

[0002]

[Description of the Prior Art] The photomultiplier tube which has the electron multiplier of a circular gage mold is indicated by JP,2-291655,A. In the electron multiplier of a circular gage mold, nothing, the 2nd step dynode, and an anode are located in the opposite side to a tube axis in the shape of radii around the shaft with which the dynode building envelope path formed between the dynodes which counter mutually intersects perpendicularly to a tube axis. For this reason, the photomultiplier tube is shortened in the direction of a tube axis, and the whole configuration is miniaturized.

[0003] In this photomultiplier tube, in order to form a dynode building envelope path in the shape of radii, the concave surface-like dynode has been arranged on the outside of radii and the dynode which is an approximate plane-like and has small surface area inside radii as compared with an outside dynode is arranged. The anode electrode is arranged in the form enclosed by the dynode of nothing and the last stage in the pole configuration. Since the anode electrode is making the shape of the pole, it excels in vibration resistance.

[0004] However, with this structure, since it is small as compared with the surface area of the dynode by which the surface area of the dynode arranged inside has been arranged outside, electron density [ / near / which has been arranged inside / the dynode ] will become high. Since multiplication of the electron is carried out as an anode is approached especially, and the surface area of the dynode before [ one ] the last stage is small, the electron density in the near will become very high. For this reason, the problem of becoming easy to generate the space charge effect is produced. And since the anode electrode is a pole configuration, field strength is weak. With the electronic multiplication structure of the circular gage mold which has a publication in JP,2-291655,A, a pulse linearity property is bad because of the weakness of these space charge effects and field strength. That is, an output signal does not increase to a linear with increase of the optical reinforcement to input, but the phenomenon in which output-signal level falls rather is brought about.

[0005] There are some which were indicated by JP,7-245078,A as the photomultiplier tube which raised pulse linearity. The photomultiplier tube which shortened tube-axial lay length like the photomultiplier tube given [ above-mentioned ] in JP,2-291655,A in this official report by arranging the dynode and anode of the 2nd step to the opposite side to a tube axis is indicated. This photo-multiplier constitutes the electron multiplier which consists of two or more steps of dynodes from the pre-stage which consists of two or more boxes and grid mold dynodes, and the post-stage which consists of two or more Rhine focus mold dynodes. The dynode building envelope path formed between the dynodes which counter mutually by preparing two or more steps of box mold dynodes in a pre-stage was incurvated, and at the post-stage, it arranges so that the building envelope path of two or more Rhine focus mold dynodes may become straight line-like. The anode electrode was made into the mesh configuration formed on the flat surface, and is arranged between the last stage dynode and the dynode before [ one step ] the last stage dynode.

[0006] Since the Rhine focus mold dynode with equal magnitude is mutually used for the post-stage to which electron density becomes high according to this configuration, high-electron-density-ization can be prevented and the space charge effect can be controlled.

[0007] Moreover, in the photomultiplier tube given in JP,7-245078,A, an anode electrode can be written as a mesh configuration and field strength can be enlarged. Therefore, unlike circular gage mold electronic multiplication structure given in JP,2-291655,A, a pulse linearity property can be raised.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the photo-multiplier of JP,7-245078,A, the box mold dynode is used for an electron multiplier. The box mold dynode was a complicated and large-sized configuration which consists of the box mold secondary-electron-emission section and a grid, was hard to attain a miniaturization and had a problem also in respect of vibration resistance.

[0009] Moreover, since the box mold dynode was used, the electronic transit time became long and time response nature was not enough.

[0010] Then, vibration resistance and the pulse linearity property of this invention are good, and it aims at offering the photomultiplier tube which moreover raised time response nature.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The tubular vacuum housing to which this invention extends along with a tube axis in order to attain the above-mentioned purpose, The photoelectric surface which is located in the direction end face of a tube axis of this tubular vacuum housing, carries out photo electric conversion of the light which carried out incidence, and emits an electron, In the photomultiplier tube which consists of n steps for having a secondary emission surface in a wall and carrying out multiplication of this electron one by one of dynodes, and an anode for receiving the electron by which multiplication was carried out by the dynode of these n stages When carrying out opposite arrangement of the dynode of the first rank in this photoelectric surface and making i into the integer below two (n-1) or more, This secondary emission surface of the dynode of the i-th step carries out opposite arrangement in \*\* (i-1) \*\*\*\* and this secondary emission surface of the dynode of eye a \*\* (i+1) stage. the dynode of eye a \*\* (n-2) stage and eye a \*\* (n-1) stage -- this, while using the dynode of the 2nd step, and the dynode of an abbreviation same configuration A dynode smaller than the dynode of the 2nd step is used. the dynode of the 3rd step and the 5th step -- this -- The dynode of these n stages is arranged so that the dynode building envelope path formed between the dynodes which counter mutually may cross this tube axis. as this anode -- a mesh-like anode -- using it -- this mesh-like anode -- this tube axis -- receiving -- this -- with the dynode of the 2nd step, the photomultiplier tube arranged in the opposite side is offered.

[0012] according to this photomultiplier tube -- the dynode of the 3rd step and the 5th step -- this -- it is smaller than the dynode of the 2nd step. for this reason, an anode -- a tube axis -- receiving -- this -- with the dynode of the 2nd step, it can prepare in the opposite side and the photomultiplier tube can be miniaturized in the direction of a tube axis.

[0013] And since the dynode of eye a \*\* (n-1) stage and eye a \*\* (n-2) stage is the dynode and abbreviation same configuration of the 2nd step, electron density does not increase it too much [ near the dynode of eye a \*\* (n-1) stage and eye a \*\* (n-2) stage ]. For this reason, effect of space charge can be made small and pulse linearity can be raised. Moreover, since the anode has become mesh-like, an anode can be brought close to the dynode of the last stage, field strength can be raised by parallel electric field, and the effect of the space charge effect can be suppressed. Thereby, pulse linearity can be raised further. And in response to an electron, it can incorporate in the comparatively large range.

[0014] Moreover, as for the secondary emission surface of this 2nd step dynode, it is desirable to consist of a flat surface which stands in a row flat-tapped with the curved surface and this curved surface which make the shape of cross-section radii.

[0015] According to this photo-multiplier, since the configuration of a dynode is simple and small as compared with the case where the dynode of a box and a grid mold is used, vibration resistance is good. Therefore, it can be used also in the environment where high vibration resistance, such as petroleum-resources inquiry, is required. Moreover, time response nature becomes good.

[0016] Moreover, it is desirable that the dynode of eye a \*\* (n-3) stage is the dynode and abbreviation same configuration of eye this 2nd stage.

[0017] According to this photomultiplier tube, too much increment in the electron density in near the dynode of eye a \*\* (n-3) stage can be prevented, and pulse linearity can be raised further.

[0018] Moreover, it is desirable that the dynode of eye a \*\* (n-4) stage is the dynode and abbreviation same configuration of eye this 2nd stage.

[0019] According to this photomultiplier tube, too much increment in the electron density in near the dynode of eye a \*\* (n-4) stage can be prevented, and pulse linearity can be raised further.

[0020] moreover -- this -- the 3rd step -- and -- this -- as for the secondary emission surface of the dynode of the 5th step, it is desirable to be formed only from the curved surface which makes the shape of cross-section radii.

[0021] According to this photomultiplier tube, secondary electron takes a proper orbit to the dynode of the next step by being easy to receive the electron from the dynode of the preceding paragraph, and moreover turning the emission direction of secondary electron in the direction of the dynode of the preceding paragraph for a while.

[0022] moreover -- this -- the 3rd step -- and -- this -- the dynode of the 5th step -- this -- the dynode of the 2nd step, and abbreviation - an analog -- you may be a \*\*.

[0023] according to this photomultiplier tube -- the dynode of the 3rd step and the 5th step -- this -- the dynode of the 2nd step, and abbreviation -- an analog -- a \*\* -- it is -- this -- since it is the configuration which reduced the dynode of the 2nd step, the same effectiveness as the case where the secondary emission surface of the dynode of the 3rd step and the 5th step is formed only from the curved surface which makes the shape of cross-section radii can be acquired.

[0024]

[Embodiment of the Invention] The photomultiplier tube by the gestalt of operation of this invention is explained based on drawing 1 thru/or drawing 6. The photomultiplier tube 1 of the gestalt of this operation is equipped with the tubular vacuum housing 2 which has a tube axis X. Drawing 1 is the sectional view showing signs that the photomultiplier tube 1 was disconnected along with the tube axis X. The tubular vacuum housing 2 consists of a material like for example, covar glass.

[0025] The direction both ends of tube-axial X of this tubular vacuum housing 2 are closed, and photoelectric-surface 2A by which the end section emits an electron for the shape of a field to nothing and its inside in response to light is formed. Photoelectric-surface 2A is formed by making an alkali-metal steam react to the antimony made to vapor-deposit beforehand to the end section inside side of the tubular vacuum housing 2. Moreover, two or more lead pin 2Bs for giving desired potential to each dynodes Dy1-Dy10, Anode A, etc. are prepared in the other end of the tubular vacuum housing 2. In addition, two lead pin 2Bs are shown in drawing 1 for convenience. Photoelectric-surface 2A is connected to lead pin 2B which corresponds with the coupling parts which are not illustrated, and the electrical potential difference of -1000V is impressed.

[0026] The focal electrode 3 of the shape of a cup which has a field perpendicular to a tube axis X is arranged in the location facing photoelectric-surface 2A of the tubular vacuum housing 2. It is on a field perpendicular to a tube axis X, central opening 3a centering on the location which intersects a tube axis X is formed in this focal electrode 3, and mesh electrode 3A is attached in central opening 3a. It connects with lead pin 2B which corresponds, respectively, and let the focal electrode 3 and mesh electrode 3A be the same potentials as the dynode Dy1 of the 1st step.

[0027] With the side which faces photoelectric-surface 2A of the focal electrode 3, the dynodes Dy1-Dy10 for carrying out multiplication of the electron one by one are arranged in the opposite side. Dynodes Dy1-Dy10 have a secondary emission surface, respectively.

[0028] The dynode Dy1 of the 1st step is formed in the location facing central opening 3a of the focal electrode 3. The dynode Dy1 of the 1st step is arranged in the location which crosses a tube axis X. The dynodes Dy1-Dy10 of the 1st step thru/or the 10th step are arranged so that the secondary emission surfaces of the dynode of the stage which carries out sequential contiguity may counter.

Dynodes Dy1-Dy10 are arranged so that the dynode building envelope path formed when the space between adjoining dynodes stands in a row may cross a tube axis X, and Anode A is formed in the dynode Dy2 and the opposite side of the 2nd step to a tube axis X. That is, as shown in drawing 1, the dynode Dy2 of the 2nd step is located on the left of a tube axis X, and Anode A is located on the right of a tube axis X. The mesh-like anode A is arranged between the dynodes Dy10 which are the last stage and the dynodes Dy9 of the 9th step of one upper case of the 10th step.

[0029] Dynodes Dy1-Dy10 and Anode A are connected to lead pin 2B which corresponds with wiring which is not illustrated, respectively, and predetermined potential is impressed, respectively. With the gestalt of this operation, the applied voltage to the dynodes Dy1-Dy10 of each stage is as follows. -800V and the dynode Dy2 of the 2nd step the dynode Dy1 of the 1st step -720V, -640V and the dynode Dy4 of the 4th step the dynode Dy3 of the 3rd step -560V, -480V and the dynode Dy6 of the 6th step the dynode Dy5 of the 5th step -400V, -80V and Anode A are set [ the dynode Dy7 of the 7th step / -320V and the dynode Dy8 of the 8th step / -240V and the dynode Dy9 of the 9th step ] to 0V for -160V and the dynode Dy10 of the 10th step.

[0030] The dynodes Dy6-Dy9 of the dynode Dy2 of the 2nd step, the dynode Dy4 of the 4th step, the 6th step, or the 9th step are carrying out the same configuration. The detailed configuration of the dynode Dy2 of the 2nd step is shown in drawing 2. The dynode Dy2 of the 2nd step has flat-surface section Dy2B which stands in a row flat-tapped with curved-surface section Dy2A and this curved-surface section which make the shape of cross-section radii, and a secondary emission surface is constituted by curved-surface section Dy2A and flat-surface section Dy2B. Moreover, in the longitudinal direction both ends of curved-surface section Dy2A, press formation of lateral portion Dy2C set up from curved-surface section Dy2A is carried out. 1st handle part Dy2D prolonged in the

method of outside from both-sides surface part Dy2C is formed. Moreover, 2nd handle part Dy2E similarly prolonged in the method of outside is formed in the longitudinal direction both ends of flat-surface section Dy2B. 1st handle part Dy2D and 2nd handle part Dy2E are located with a fixed include angle, without making an parallel side mutually. Moreover, it hammers out in each thickness direction and the processing section is formed in the center section of 1st handle part Dy2D and 2nd handle part Dy2E.

[0031] The dynode Dy3 of the 3rd step and the dynode Dy5 of the 5th step are carrying out the same configuration. The detailed configuration of the dynode Dy3 of the 3rd step is shown in drawing 3. The dynode Dy3 of the 3rd step has curved-surface section Dy3A which makes the shape of cross-section radii. Curved-surface section Dy3A has an area smaller than the secondary emission surface (Dy2 A+Dy2B) of the dynode of nothing and other stages in a secondary emission surface. Thereby, the dynode Dy3 (and dynode Dy5 of the 5th step) of the 3rd step is formed smaller than the dynode of other stages. Moreover, in the longitudinal direction both ends of curved-surface section Dy3A, press formation of lateral portion Dy3B set up from curved-surface section Dy3A and the Dy3B is carried out. With the side following curved-surface section Dy3A of lateral portion Dy3B, 1st handle part Dy3C of the shape of a field perpendicularly prolonged in the method of outside from lateral portion Dy3B is formed in the opposite side side. It hammers out in the thickness direction and the processing section is formed in the center section of 1st handle part Dy3C.

[0032] Lateral portion Dy1B set up from secondary emission surface Dy1A is formed in the longitudinal direction both ends of secondary emission surface Dy1A of the dynode Dy1 of the 1st step, and 1st handle part Dy1C prolonged in the method of outside is formed in lateral portion Dy1B so that drawing 6 may show. It hammers out in the thickness direction and the processing section is formed in the center section of 1st handle part Dy1C.

[0033] The dynode Dy10 of the 10th step has plane secondary emission surface Dy10A, two field Dy10B set up from the both ends, and Dy10C, and the cross section serves as the shape of a typeface of KO so that drawing 5 may show. Three handle part Dy10D and Dy10E which are prolonged flat-tapped with the longitudinal direction of secondary emission surface Dy10A, field Dy10B, and Dy10C, and Dy10F are formed in the longitudinal direction both ends of secondary emission surface Dy10A, field Dy10B, and Dy10C, respectively. Handle part Dy10E and Dy10F are mutually parallel, and handle part Dy10D is perpendicularly formed to handle part Dy10E and Dy10F. It hammers out in each thickness direction and the processing section is formed in handle part Dy10D, Dy10E, and the center section of Dy10F.

[0034] As Anode A is shown in drawing 4, it has the secondary electron receptacle section A1 which makes the shape of a mesh formed on the flat surface, and the handle part A2 and A3 which make the secondary electron receptacle section A1 and flush, and are prolonged are formed in the longitudinal direction both ends of the secondary electron receptacle section A1.

[0035] As shown in drawing 6, dynodes Dy1-Dy10 and Anode A are supported by substrates 4 and 5 in the longitudinal direction both ends. Slit-like fixed through tube Dy1c, Dy2d, Dy2e, Dy3c, Dy4d, Dy4e, Dy5c, Dy10d, Dy10e, Dy10f, and a2 and a3 are drilled by the substrate 5. Although illustration is not carried out, the fixed through tube of the shape of same slit also as a substrate 4 is formed.

[0036] Dynodes Dy1-Dy10 and Anode A are held at a substrate 4, and drawing 5 carries out front view of signs that it is not yet held to a substrate 5. Drawing 6 shows the situation at the time of making each dynodes Dy1-Dy10 and Anode A hold to a substrate 5. In addition, when making handle part Dy1C of each dynodes Dy1-Dy10 and Anode A, Dy2D, Dy2E, Dy3C, Dy4D, Dy4E, Dy5C, Dy10D, Dy10E, and Dy10F hold to a substrate 4, it is also the same as that of the following explanation.

[0037] The dynode Dy1 of the 1st step is held at a substrate 5 by inserting 1st handle part Dy1C in fixed through tube Dy1c. The dynode Dy2 of the 2nd step is held at a substrate 5 by inserting 1st handle part Dy2D in fixed through tube Dy2d, and inserting 2nd handle part Dy2E in fixed through tube Dy2e. The dynode Dy3 of the 3rd step is held at a substrate 5 by inserting 1st handle part Dy3C in fixed through tube Dy3c. The dynode Dy4 of the 4th step is held at a substrate 5 by inserting 1st handle part Dy4D in fixed through tube Dy4d, and inserting 2nd handle part Dy4E in fixed through tube Dy4e. The dynode Dy5 of the 5th step is held at a substrate 5 by inserting 1st handle part Dy5C in fixed through tube Dy5c. The dynodes Dy6-Dy9 of the 6th step thru/or the 9th step are held at a substrate 5 by being inserted in the fixed through tube to which the 1st handle part and 2nd handle part correspond, respectively like the dynodes Dy2 and Dy4 of the 2nd step and the 4th step. A dynode Dy10 is held at a substrate 5 by inserting handle part Dy10D in fixed through tube Dy10d, inserting handle part Dy10E in fixed through tube Dy10e, and inserting handle part Dy10F in fixed through tube Dy10f. Anode A is held at a substrate 5 by inserting a handle part A2 in the fixed through tube a2, and inserting handle part A3 in the fixed through tube a3.

[0038] Since the printing processing section is formed in each handle part as mentioned above at this time, a handle part serves as a form pressed fit in a fixed through tube, and dynodes Dy1-Dy10 are fixed to a substrate 5 good. The same is said of the handle part of the dynodes Dy1-Dy10 of the 6th step thru/or the 9th step.

[0039] At this time, they are 1st handle part Dy1C and Dy2D, Dy3C, Dy4D Dy5C and handle part Dy10E, Dy10F, A2, and A3 are formed for a long time than the thickness of a substrate 5, and serve as a terminal for connecting with a projection and lead pin 2B from a substrate 5. The same is said of the 1st handle part of the dynodes Dy6-Dy9 of the 6th step thru/or the 9th step. these handle part Dy1C and Dy2D Dy3C and Dy4D twisting Dy5C, Dy10E, Dy10F, A2, and the part projected from the substrate 5 of A3 - dynode Dy1- Dy5, Dy10, and Anode A may be more firmly fixed to a substrate 5. The same is said of the dynodes Dy6-Dy9 of the 6th step thru/or the 9th step.

[0040] On the other hand, it is the 2nd handle part Dy2E. Dy4E and handle part Dy10D are formed shorter than the thickness of a substrate 5, respectively, do not project on the outside of a substrate 5 and do not become the obstacle of wiring. The same is said of the 2nd handle part of the dynodes Dy6-Dy9 of the 6th step thru/or the 9th step. Moreover, since the handle part which projects from a substrate 5 can be reduced, contiguity arrangement of the handle parts of dynodes Dy1-Dy10 can be avoided, and a pressure-proof problem does not arise.

[0041] Usually, in order for the secondary electron emitted from the secondary emission surface of the dynode Dy<sub>i</sub> of the i-th step to carry out incidence to the efficient part of the secondary emission surface of the dynode Dy<sub>(i+1)</sub> of eye a \*\* (i+1) stage, it arranges so that the dynode Dy<sub>(i+2)</sub> of eye a \*\* (i+2) stage may enter between the secondary emission surface of the dynode Dy<sub>i</sub> of the i-th step, and the secondary emission surface of the dynode yD<sub>(i+1)</sub> of eye a \*\* (i+1) stage. In the photomultiplier tube 1 of the gestalt of this operation, since the train in which dynodes Dy1-Dy10 curved is made and it is arranged so that a dynode building envelope path may cross a tube axis, the distance of the dynodes arranged on the outside of a curve becomes large. Thereby, the dynode Dy<sub>(i+2)</sub> of eye a \*\* (i+2) stage have been arranged on the outside of a curve stops being able to enter easily between the secondary emission surface of the dynode Dy<sub>i</sub> of the i-th step, and the secondary emission surface of the dynode Dy<sub>(i+1)</sub> of eye a \*\* (i+1) stage. However, the 2nd step arranged in the gestalt of this operation on the outside of a curve, Curved-surface section Dy2A which makes the shape of cross-section radii for the secondary emission surface of the dynodes Dy2, Dy4, Dy6, and Dy8 of the 4th step, the 6th step, and the 8th step. Since it formed by flat-surface section Dy2B, Dy4B and Dy6B which stand in a row flat-tapped with Dy4A, Dy6A, Dy8A and curved-surface section Dy2A, Dy4A, Dy6A, and Dy8A, As shown in drawing 1, it is arranged so that the dynode Dy<sub>(i+2)</sub> of eye a \*\* (i+2) stage may enter between the secondary emission surface of the dynode Dy<sub>i</sub> of the i-th step, and the secondary emission

surface of the dynode Dy (i+1) of eye a \*\* (i+1) stage. In this way, the potential of the dynode Dy (i+2) of eye a \*\* (i+2) stage sinks in between the dynode Dy (i) of the i-th step, and the dynode Dy (i+1) of eye a \*\* (i+1) stage. Thereby, the secondary electron emitted from the secondary emission surface of the dynode Dy (i) of the i-th step can draw near to the dynode Dy (i+2) of eye a \*\* (i+2) stage, and can carry out incidence to the efficient part of the secondary emission surface of the dynode Dy (i+1) of eye a \*\* (i+1) stage.

[0042] Having formed the secondary emission surface of the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step only by the cross-section radii-like part here it is for secondary electron to take a proper orbit to the dynodes Dy4 and Dy6 of the next step by being easy to receive the electron from the dynodes Dy2 and Dy4 of the preceding paragraph, and moreover turning the emission direction of secondary electron in the direction of the dynodes Dy2 and Dy4 of the preceding paragraph for a while. If the secondary emission surface of the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step is a plane A permeate lump of the potential of the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step of between the dynodes Dy2 and Dy4 of the preceding paragraph and the dynodes Dy1 and Dy3 of a beforehand stage becomes large too much. The electron from the dynodes Dy1 and Dy3 of the 1st step and the 3rd step will be pulled by the tooth back of the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step, and stops easily being able to carry out to the secondary emission surface of the dynodes Dy2 and Dy4 of the 2nd step and the 4th step for incidence. Moreover, when pulled by the potential of the dynodes Dy5 and Dy7 of the 5th step and the 7th step, the electron emitted from the secondary emission surface of the dynodes Dy2 and Dy4 of the 2nd step and the 4th step It will not go into the desirable location of the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step of the next step, or it will escape from a next step dynode, and incidence will be carried out to the tooth back of the dynodes Dy5 and Dy7 of the 5th step and the 7th step.

[0043] The secondary emission surface of the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step Moreover, the 2nd step, Having formed so that area might become small rather than the secondary emission surface of the dynodes Dy2, Dy4, Dy6-Dy9 of the 4th step, the 6th step, or the 9th step It is for making it possible to arrange dynodes Dy1-Dy10 in the curved train so that a dynode building envelope path may cross a tube axis by making small the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step arranged inside the curved array. On the other hand, the 2nd step arranged on the outside of the array which curved the secondary emission surface of the dynodes Dy7 and Dy9 of the 7th step arranged inside the curved array, and the 9th step, Having formed so that it might have the same area as the secondary emission surface of the dynodes Dy2, Dy4, Dy6, and Dy8 of the 4th step, the 6th step, and the 8th step [ near the secondary emission surface of the dynodes Dy7 and Dy9 comparatively located in the direction of the lower berth ], since an electronic space consistency becomes high, it is for easing this.

[0044] As shown in drawing 1 , the gobo 6 parallel to photoelectric-surface 2A is formed in the location enclosed by dynodes Dy1-Dy10. The gobo 6 has prevented that the light produced in case it is located between the dynodes Dy7-Dy10 near the last stage and the dynode Dy1 of the 1st step and an electron collides with the dynodes Dy7-Dy10 near the last stage, and ion go to photoelectric-surface 2A. Let a gobo 6 be predetermined potential by connecting with corresponding lead pin 2B.

[0045] Actuation of the photomultiplier tube 1 by the gestalt of operation of this invention is explained with reference to drawing 1 . If light carries out incidence to photoelectric-surface 2A, a photoelectron will be emitted, and it will converge with the focal electrode 3, and will be sent to the dynode Dy1 of the 1st step. Then, secondary electron is emitted from the dynode Dy1 of the 1st step, this is sent to the dynodes Dy2-Dy10 of the 2nd step thru/or the 10th step one by one, and cascade multiplication of the secondary electron is emitted and carried out one after another. Finally, it is collected by Anode A and taken out from Anode A as an output signal.

[0046] The deformation and amelioration various in the range which it was not limited to the gestalt of operation mentioned above, but were indicated to the claim are possible for the photomultiplier tube by this invention. For example, although the secondary emission surface of the dynode of the 3rd step and the dynode of the 5th step is made into the shape of cross-section radii in the gestalt of above-mentioned operation It is good also as a configuration which made it the compound configuration of the flat-surface section which stands in a row flat-tapped with the cross-section radii-like curved-surface section and it like the dynode of the 2nd step, the 4th step, the 6th step, or the 9th step, and reduced these by the dynode and analog of the 2nd step, the 4th step, the 6th step, or the 9th step.

[0047]

[Effect of the Invention] according to the photomultiplier tube according to claim 1 -- the secondary emission surface of the dynode of the 3rd step and the 5th step -- this -- area is smaller than the secondary emission surface of the dynode of the 2nd step. for this reason, an anode -- a tube axis -- receiving -- this -- with the dynode of the 2nd step, it can prepare in the opposite side and the photomultiplier tube can be miniaturized in the direction of a tube axis.

[0048] And since the dynode of eye a \*\* (n-1) stage and eye a \*\* (n-2) stage is the dynode and abbreviation same configuration of the 2nd step, electron density does not increase it too much [ near the dynode of eye a \*\* (n-1) stage and eye a \*\* (n-2) stage ]. For this reason, effect of space charge can be made small and pulse linearity can be raised. Moreover, since the anode has become mesh-like, an anode can be brought close to the dynode of the last stage, field strength can be raised by parallel electric field, and the effect of the space charge effect can be suppressed. Thereby, pulse linearity can be raised further. And in response to an electron, it can incorporate in the comparatively large range.

[0049] Since the secondary emission surface of the 2nd step dynode consists of a flat surface which stands in a row flat-tapped with the curved surface and this curved surface which make the shape of cross-section radii according to the photomultiplier tube according to claim 2, and the configuration of a dynode is simple and small as compared with the case where the dynode of a box and a grid mold is used, vibration resistance is good. Therefore, it can be used also in the environment where high vibration resistance, such as petroleum-resources inquiry, is required. Moreover, time response nature becomes good.

[0050] according to the photomultiplier tube according to claim 3 -- the dynode of eye a \*\* (n-3) stage -- this -- since it is the dynode and abbreviation same configuration of the 2nd step, too much increment in the electron density in near the dynode of eye a \*\* (n-3) stage can be prevented, and pulse linearity can be raised further.

[0051] according to the photomultiplier tube according to claim 4 -- the dynode of eye a \*\* (n-4) stage -- this -- since it is the dynode and abbreviation same configuration of the 2nd step, too much increment in the electron density in near the dynode of eye a \*\* (n-4) stage can be prevented, and pulse linearity can be raised further.

[0052] According to the photomultiplier tube according to claim 5, since the secondary emission surface of the dynode of the 3rd step and the 5th step makes the shape of cross-section radii, secondary electron takes a proper orbit to the dynode of the next step by being easy to receive the electron from the dynode of the preceding paragraph, and moreover turning the emission direction of secondary electron in the direction of the dynode of the preceding paragraph for a while.

[0053] according to the photomultiplier tube according to claim 6 -- the dynode of the 3rd step and the 5th step -- this -- the dynode of the 2nd step, and abbreviation -- an analog -- a \*\* -- it is -- this -- since it is the configuration which reduced the dynode of the 2nd step, the same effectiveness as the photomultiplier tube according to claim 5 and abbreviation can be acquired.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view showing the photomultiplier tube 1 by the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the 2nd step of the photomultiplier tube 1 by the gestalt of operation of this invention, the 4th step, the 6th, or the dynodes Dy2, Dy4, Dy6-Dy9 of the 9th step, and, for (a), a front view and (b) are [ a side elevation and (d of a bottom view and (c)) ] perspective views.

[Drawing 3] It is drawing showing the dynodes Dy3 and Dy5 of the 3rd step and the 5th step of the photomultiplier tube 1 by the gestalt of operation of this invention, and, for (a), a front view and (b) are [ a side elevation and (d of a bottom view and (c)) ] perspective views.

[Drawing 4] The front view showing the anode A of the photomultiplier tube 1 by the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 5] The front view showing signs that dynodes Dy1-Dy10 and Anode A were made to hold to a substrate 4.

[Drawing 6] The perspective view showing signs that dynodes Dy1-Dy10 and Anode A are inserted in a substrate 5.

[Description of Notations]

1 Photomultiplier Tube

X Tube axis

2 Tubular Vacuum Housing

2A Photoelectric surface

Dy1-Dy10 Dynode

A Anode

---

[Translation done.]



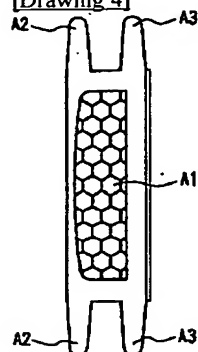
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

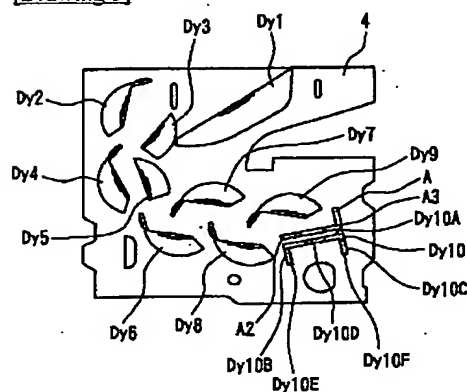
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

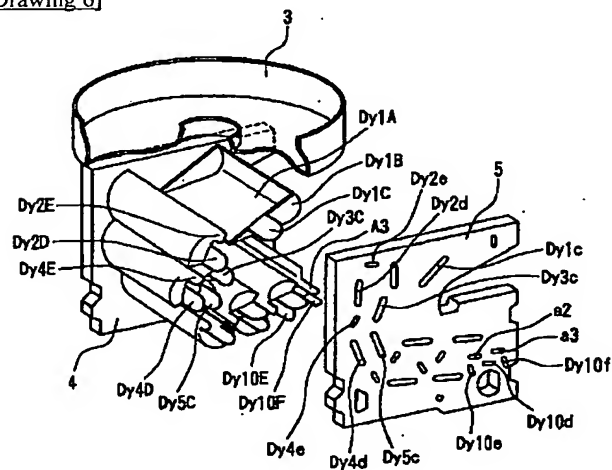
[Drawing 4]



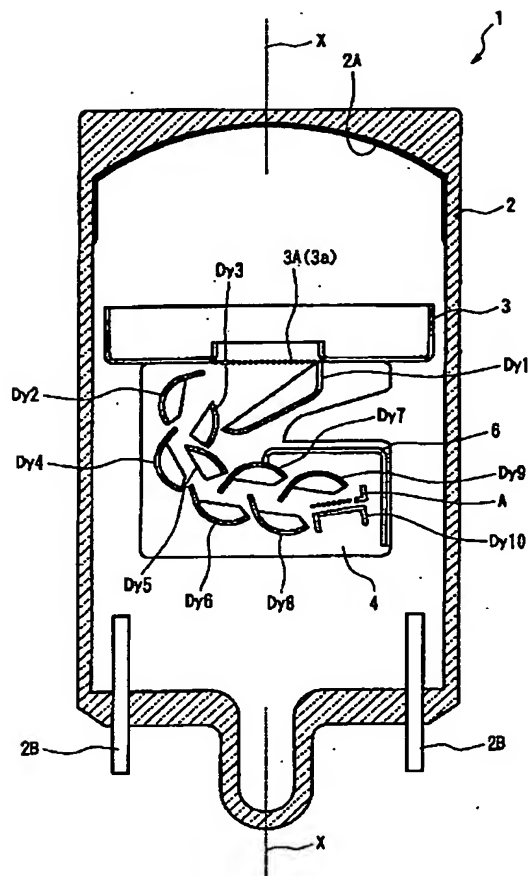
[Drawing 5]



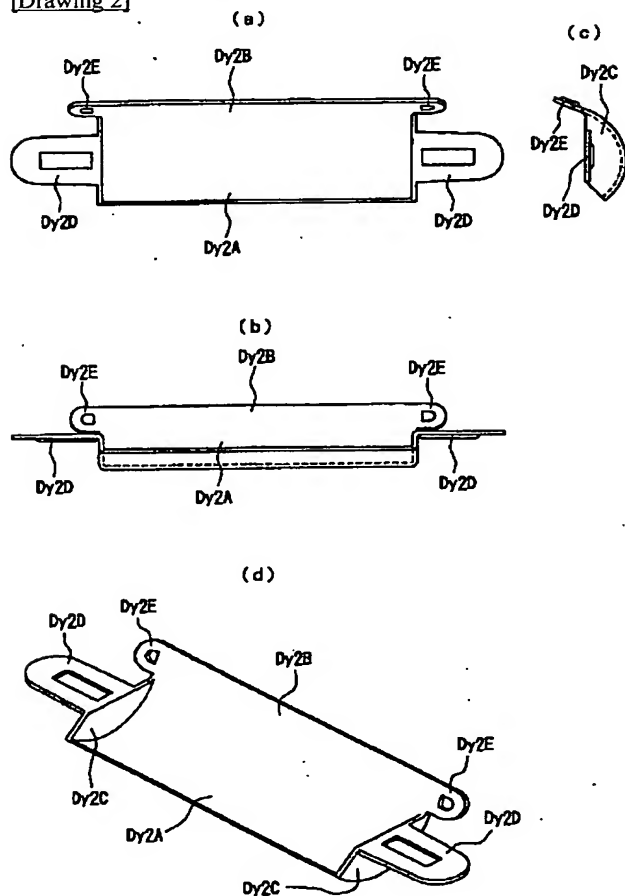
[Drawing 6]



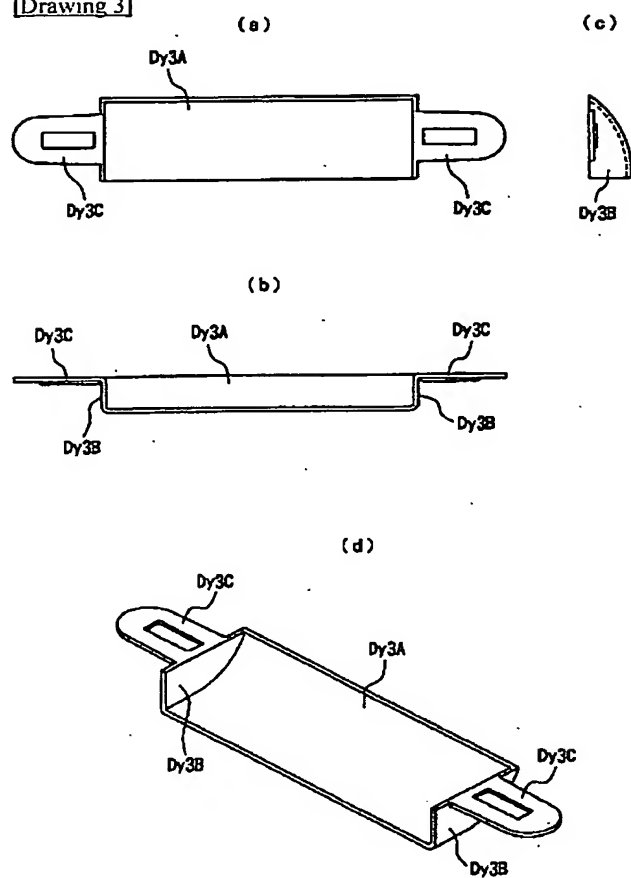
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]







[Translation done.]

**PHOTOMULTIPLIER TUBE**

**Patent number:** JP2002042719  
**Publication date:** 2002-02-08  
**Inventor:** KIMURA SUENORI; FURUHASHI MASAMI; ISHIZU TOMOHIRO; ITO MASUYASU  
**Applicant:** HAMAMATSU PHOTONICS KK  
**Classification:**  
- international: **H01J43/18; H01J43/00; (IPC1-7): H01J43/20**  
- european: **H01J43/18**  
**Application number:** JP20000227382 20000727  
**Priority number(s):** JP20000227382 20000727

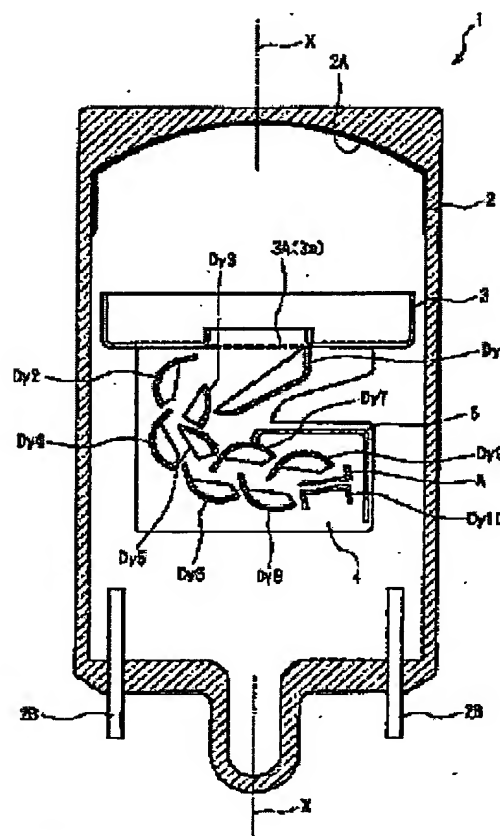
Also published as:

 EP1313133 (A1)  
 WO0211179 (A1)  
 US6946792 (B2)  
 US2003132370 (A)

Report a data error he

**Abstract of JP2002042719**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a photomultiplier tube with an excellent vibration resistance property capable of enhancing a pulse linearity characteristic and a time response property. **SOLUTION:** Dynodes having approximately the same shape as that of a dynode Dy2 at a second stage are used for dynodes Dy4, Dy6-Dy9 at the fourth stage and sixth to ninth stages. Smaller dynodes than the dynode Dy2 at the second stage are used for dynodes Dy3, Dy5 at the third stage and the fifth stage. Dynodes Dy1-Dy10 at the ten stages are arranged such that a dynode internal space route formed between the dynodes opposed to each other crosses a tube axis X. A mesh-like anode A is used as an anode A and is arranged at an opposite side of the dynode Dy2 at the second stage.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-42719  
(P2002-42719A)

(43) 公開日 平成14年2月8日(2002.2.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 J 43/20

識別記号

F I  
H 0 1 J 43/20

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-227382(P2000-227382)

(22) 出願日 平成12年7月27日(2000.7.27)

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社  
静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 木村 末則

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 古橋 雅美

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74) 代理人 100094983

弁理士 北澤 一浩 (外2名)

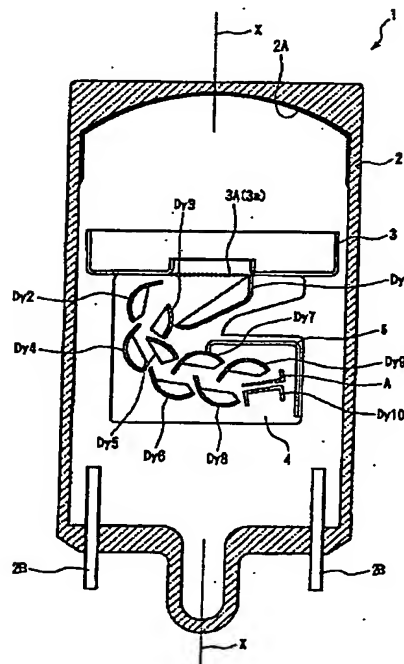
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電子増倍管

(57) 【要約】

【課題】 耐振性に優れ、パルスリニアリティ特性と時間応答性を向上させた光電子増倍管の提供。

【解決手段】 第4段目及び第6段目乃至第9段目のダイノードDy4、Dy6～Dy9に第2段目のダイノードDy2と略同一形状のダイノードを使用する。また、第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5は第2段目のダイノードDy2よりも小さいダイノードを使用する。相互に対向するダイノード間に形成されるダイノード内部空間経路が管軸Xを横切るように10段のダイノードDy1～Dy10を配列する。アノードAとしてメッシュ状アノードAを使用し、メッシュ状アノードAを管軸Xに対して第2段目のダイノードDy2とは反対側に配設する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 管軸に沿って延びる管状真空容器と、  
該管状真空容器の管軸方向端面に位置し、入射した光を  
光電変換して電子を放出する光電面と、  
内壁に二次電子面を有し、該電子を順次増倍するための  
n段のダイノードと、

該n段のダイノードで増倍された電子を受け取るための  
アノードとからなる光電子増倍管において、

初段のダイノードを該光電面に対向配置し、iを2以上  
(n-1)以下の整数とすると、第i段目のダイノードの該二次電子面は第(i-1)段目と第(i+1)段目のダイノードの該二次電子面に対向配置し、

第(n-2)段目及び第(n-1)段目のダイノードに  
該第2段目のダイノードと略同一形状のダイノードを使用すると共に、第3段目及び第5段目のダイノードは該第2段目のダイノードよりも小さいダイノードを使用して、相互に対向するダイノード間に形成されるダイノード内部空間経路が該管軸を横切るように該n段のダイノードを配列し、該アノードとしてメッシュ状アノードを使用し、該メッシュ状アノードを該管軸に対して該第2段目のダイノードとは反対側に配設したことを特徴とする光電子増倍管。

【請求項2】 該第2段目ダイノードの二次電子面は断面円弧状をなす曲面と該曲面に面一に連なる平面とからなることを特徴とする請求項1記載の光電子増倍管。

【請求項3】 第(n-3)段目のダイノードが該第2段目のダイノードと略同一形状であることを特徴とする請求項1または2記載の光電子増倍管。

【請求項4】 第(n-4)段目のダイノードが該第2段目のダイノードと略同一形状であることを特徴とする請求項1乃至3記載の光電子増倍管。

【請求項5】 該第3段目及び該第5段目のダイノードの二次電子面は断面円弧状をなす曲面のみから形成されることを特徴とする請求項1乃至4記載の光電子増倍管。

【請求項6】 該第3段目及び該第5段目のダイノードは該第2段目のダイノードと略相似形状であることを特徴とする請求項1乃至4記載の光電子増倍管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光電子増倍管に関し、特に耐振性に優れ、パルスリニアリティ特性と時間応答性を向上させた光電子増倍管に関する。

## 【0002】

【従来の技術】特開平2-291655号公報には、サーキュラーゲージ型の電子増倍部を有する光電子増倍管が記載されている。サーキュラーゲージ型の電子増倍部では、相互に対向するダイノード間に形成されたダイノード内部空間経路が管軸に対して直交する軸の周りに円弧状をなし、第2段ダイノードとアノードとが、管軸に

対して反対側に位置するようになっている。このため、光電子増倍管が管軸方向に短縮化され、全体の形状が小型化されている。

【0003】この光電子増倍管では、ダイノード内部空間経路を円弧状に形成するために、円弧の外側に凹面状のダイノードを配置し、円弧の内側に略平面状で、かつ、外側のダイノードに比較して小さい表面積を有するダイノードを配置している。アノード電極はボール形状をなし、最終段のダイノードに取り囲まれる形で配置されている。アノード電極がボール状をなしているため、耐振性に優れている。

【0004】しかしながら、かかる構造では、内側に配置されたダイノードの表面積が外側に配置されたダイノードの表面積と比較して小さいために、内側に配置されたダイノード近傍における電子密度が高くなってしまふ。特に、アノードに近づくに従い電子が増倍されていくので、最終段の一つ手前のダイノードの表面積が小さいために、その近傍における電子密度が非常に高くなってしまふ。このため、空間電荷効果が発生し易くなるという問題を生じる。しかも、アノード電極が、ボール形状になっているので、電界強度が弱い。これら空間電荷効果と電界強度の弱さのため、特開平2-291655号公報に記載のあるサーキュラーゲージ型の電子増倍構造では、パルスリニアリティ特性が悪い。即ち、入力する光強度の増大に伴って出力信号がリニアに増大せず、むしろ出力信号レベルが低下するという現象をもたらす。

【0005】パルスリニアリティを向上させた光電子増倍管としては、特開平7-245078号公報に記載されたものがある。同公報には、上記特開平2-291655号公報記載の光電子増倍管と同様、第2段目のダイノードとアノードとを管軸に対して反対側に配置することで管軸方向の長さを短縮した光電子増倍管が記載されている。この光電子増倍管では、複数段のダイノードからなる電子増倍部を、複数のボックスアンドグリッド型ダイノードからなる前段部と、複数のラインフォーカス型ダイノードからなる後段部とから構成している。前段部にボックス型ダイノードを複数段設けることで相互に対向するダイノード間に形成されたダイノード内部空間経路を湾曲させ、後段部では複数のラインフォーカス型ダイノードの内部空間経路が直線状になるように配置している。アノード電極は平面上に形成されたメッシュ形状とし、最終段ダイノードと最終段ダイノードの一段手前のダイノードとの間に配置している。

【0006】かかる構成によれば、電子密度が高くなっていく後段部に互いに大きさの等しいラインフォーカス型ダイノードを使用しているために、高電子密度化を防止でき、空間電荷効果を抑制することができる。

【0007】また、特開平7-245078号公報記載の光電子増倍管では、アノード電極をメッシュ形状とし

たため、電界強度を大きくすることができる。したがって、特開平2-291655号公報記載のサーキュラージェ型電子増倍構造とは異なり、パルスリニアリティ特性を向上させることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】特開平7-245078号公報の光電子増倍管では、電子増倍部にボックス型ダイノードを使用している。ボックス型ダイノードは、ボックス型2次電子放出部とグリッドとからなる複雑かつ大型の構成であり、小型化を図りづらく、また、耐振性の点でも問題があった。

【0009】また、ボックス型ダイノードを使用しているために、電子の走行時間が長くなり、時間応答性が十分ではなかった。

【0010】そこで、本発明は、耐振性とパルスリニアリティ特性が良好で、しかも時間応答性を向上させた光電子増倍管を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、管軸に沿って延びる管状真空容器と、該管状真空容器の管軸方向端面に位置し、入射した光を光電変換して電子を放出する光電面と、内壁に二次電子面を有し、該電子を順次増倍するための $n$ 段のダイノードと、該 $n$ 段のダイノードで増倍された電子を受け取るためのアノードとからなる光電子増倍管において、初段のダイノードを該光電面に対向配置し、 $i$ を2以上 $(n-1)$ 以下の整数とすると、第 $i$ 段目のダイノードの該二次電子面は第 $(i-1)$ 段目と第 $(i+1)$ 段目のダイノードの該二次電子面に対向配置し、第 $(n-2)$ 段目及び第 $(n-1)$ 段目のダイノードに該第2段目のダイノードと略同一形状のダイノードを使用すると共に、第3段目及び第5段目のダイノードは該第2段目のダイノードよりも小さいダイノードを使用して、相互に対向するダイノード間に形成されるダイノード内部空間経路が該管軸を横切るように該 $n$ 段のダイノードを配列し、該アノードとしてメッシュ状アノードを使用し、該メッシュ状アノードを該管軸に対して該第2段目のダイノードとは反対側に配設した光電子増倍管を提供している。

【0012】かかる光電子増倍管によれば、第3段目及び第5段目のダイノードは該第2段目のダイノードよりも小さい。このため、アノードを管軸に対して該第2段目のダイノードとは反対側に設けることができ、光電子増倍管を管軸方向に小型化することができる。

【0013】しかも、第 $(n-1)$ 段目及び第 $(n-2)$ 段目のダイノードは第2段目のダイノードと略同一形状であるために、第 $(n-1)$ 段目及び第 $(n-2)$ 段目のダイノードの近傍において電子密度が過度に増加することがない。このため、空間電荷の影響を小さくすることができる。また、パルスリニアリティを向上させることができる。また、アノードがメッシュ状になっているた

め、アノードを最終段のダイノードに近づけ、平行電界で電界強度を高め、空間電荷効果の影響を抑えることができる。これにより、パルスリニアリティを一層向上させることができる。しかも、比較的広い範囲で電子を受けて取込むことができる。

【0014】また、該第2段目ダイノードの二次電子面は断面円弧状をなす曲面と該曲面に面一に連なる平面とからなるのが好ましい。

【0015】かかる光電子増倍管によれば、ボックスアノードグリッド型のダイノードを使用した場合と比較してダイノードの構成が単純で小型であるため、耐振性がよい。従って、石油資源探査等、高い耐振性が要求される環境でも使用することができる。また、時間応答性がよくなる。

【0016】また、第 $(n-3)$ 段目のダイノードが該第2段目のダイノードと略同一形状であるのが好ましい。

【0017】かかる光電子増倍管によれば、第 $(n-3)$ 段目のダイノード付近における電子密度の過度な増加を防止してパルスリニアリティを一層向上させることができる。

【0018】また、第 $(n-4)$ 段目のダイノードが該第2段目のダイノードと略同一形状であるのが好ましい。

【0019】かかる光電子増倍管によれば、第 $(n-4)$ 段目のダイノード付近における電子密度の過度な増加を防止してパルスリニアリティを一層向上させることができる。

【0020】また、該第3段目及び該第5段目のダイノードの二次電子面は断面円弧状をなす曲面のみから形成されるのが好ましい。

【0021】かかる光電子増倍管によれば、前段のダイノードからの電子を受けやすく、しかも二次電子の放出方向を前段のダイノードの方向に少し向けてやることにより、二次電子が次段のダイノードに対して適正軌道をとる。

【0022】また、該第3段目及び該第5段目のダイノードは該第2段目のダイノードと略相似形状であってもよい。

【0023】かかる光電子増倍管によれば、第3段目及び第5段目のダイノードは該第2段目のダイノードと略相似形状で、該第2段目のダイノードを縮小した形状であるので、第3段目及び第5段目のダイノードの二次電子面が断面円弧状をなす曲面のみから形成される場合と同様の効果を得ることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態による光電子増倍管について図1乃至図6に基づき説明する。本実施の形態の光電子増倍管1は、管軸 $X$ を有する管状真空容器2を備えている。図1は、光電子増倍管1を管軸 $X$ に

沿って切断した様子を示す断面図である。管状真空容器2は、例えばコパルガラスのような素材からなる。

【0025】この管状真空容器2の管軸X方向両端部は閉じており、一端部は面状をなし、その内面には光を受けて電子を放出する光電面2Aが形成されている。光電面2Aは、例えば管状真空容器2の一端部内面側に予め蒸着させておいたアンチモンにアルカリ金属蒸気を反応させることで形成される。また、管状真空容器2の他端部には、各ダイノードDy1～Dy10やアノードA等に所望の電位を与えるための複数のリードピン2Bが設けられている。なお、図1には、便宜上リードピン2Bを2本のみ示す。光電面2Aは、図示しない接続部品により該当するリードピン2Bに接続されており、-1000Vの電圧が印加される。

【0026】管状真空容器2の光電面2Aに面する位置には、管軸Xに垂直な面を有するカップ状のフォーカス電極3が配設されている。このフォーカス電極3には、管軸Xに垂直な面上であって、管軸Xと交差する位置を中心とする中央開口部3aが形成され、中央開口部3aにはメッシュ電極3Aが取付けられている。フォーカス電極3及びメッシュ電極3Aは、それぞれ該当するリードピン2Bに接続され、第1段目のダイノードDy1と同一の電位とされる。

【0027】フォーカス電極3の光電面2Aに面する側とは反対側には、電子を順次増倍するためのダイノードDy1～Dy10が配設されている。ダイノードDy1～Dy10は、それぞれ二次電子面を有する。

【0028】フォーカス電極3の中央開口部3aに面する位置に、第1段目のダイノードDy1が設けられている。第1段目のダイノードDy1は、管軸Xを横切る位置に配設されている。第1段目乃至第10段目のダイノードDy1～Dy10は、順次隣接する段のダイノードの二次電子面同士が対向するように配置される。隣接するダイノード同士の間が空間が連なることにより形成されるダイノード内部空間経路が管軸Xを横切るようにダイノードDy1～Dy10が配列されており、アノードAは、管軸Xに対して第2段目のダイノードDy2と反対側に設けられる。即ち、図1に示すように、第2段目のダイノードDy2は、管軸Xより左側に位置し、アノードAは、管軸Xより右側に位置する。最終段である第10段目のダイノードDy10とその一つ上段の第9段目のダイノードDy9との間には、メッシュ状のアノードAが配置されている。

【0029】ダイノードDy1～Dy10、アノードAは図示せぬ配線によりそれぞれ対応するリードピン2Bに接続され、それぞれ所定の電位が印加される。本実施の形態では、各段のダイノードDy1～Dy10への印加電圧は以下の通りである。第1段目のダイノードDy1は-800V、第2段目のダイノードDy2は-720V、第3段目のダイノードDy3は-640V、第4

段目のダイノードDy4は-560V、第5段目のダイノードDy5は-480V、第6段目のダイノードDy6は-400V、第7段目のダイノードDy7は-320V、第8段目のダイノードDy8は-240V、第9段目のダイノードDy9は-160V、第10段目のダイノードDy10は-80V、アノードAは0Vにされる。

【0030】第2段目のダイノードDy2、第4段目のダイノードDy4、第6段目乃至第9段目のダイノードDy6～Dy9は同一の形状をしている。図2に第2段目のダイノードDy2の詳細な形状を示す。第2段目のダイノードDy2は、断面円弧状をなす曲面部Dy2Aと該曲面部に面一に連なる平面部Dy2Bとを有し、曲面部Dy2Aと平面部Dy2Bとにより二次電子面が構成される。また、曲面部Dy2Aの長手方向両端部には、曲面部Dy2Aから立設する側面部Dy2Cがプレス形成されている。両側面部Dy2Cから外方に延びる第1の耳部Dy2Dが形成されている。また、平面部Dy2Bの長手方向両端部には、同じく外方に延びる第2の耳部Dy2Eが形成されている。第1の耳部Dy2Dと第2の耳部Dy2Eは、互いに平行面をなすことなく、一定の角度をもって位置する。また、第1の耳部Dy2D及び第2の耳部Dy2Eの中央部には、それぞれの厚さ方向に打ち出し加工部が形成されている。

【0031】第3段目のダイノードDy3及び第5段目のダイノードDy5は同一の形状をしている。図3に第3段目のダイノードDy3の詳細な形状を示す。第3段目のダイノードDy3は、断面円弧状をなす曲面部Dy3Aを有する。曲面部Dy3Aは二次電子面をなし、他段のダイノードの二次電子面(Dy2A+Dy2B)よりも面積が小さい。これにより、第3段目のダイノードDy3(及び第5段目のダイノードDy5)は、他段のダイノードよりも小型に形成される。また、曲面部Dy3Aの長手方向両端部には、曲面部Dy3Aから立設する側面部Dy3B、Dy3Bがプレス形成されている。側面部Dy3Bの曲面部Dy3Aに続く側とは反対側面に、側面部Dy3Bから垂直に外方に延びる面状の第1の耳部Dy3Cが形成されている。第1の耳部Dy3Cの中央部には、厚さ方向に打ち出し加工部が形成されている。

【0032】図6からわかるように、第1段目のダイノードDy1の二次電子面Dy1Aの長手方向両端部には、二次電子面Dy1Aから立設した側面部Dy1Bが形成されており、側面部Dy1Bには外方に延びる第1の耳部Dy1Cが形成されている。第1の耳部Dy1Cの中央部には、厚さ方向に打ち出し加工部が形成されている。

【0033】図5からわかるように、第10段目のダイノードDy10は平面状の二次電子面Dy10Aと、その両端から立設した2つの面Dy10B、Dy10Cを



有し、断面がコの字形状となっている。二次電子面Dy10A、面Dy10B、Dy10Cの長手方向両端部には、それぞれ二次電子面Dy10A、面Dy10B、Dy10Cの長手方向に面一に延びる3つの耳部Dy10D、Dy10E、Dy10Fが形成されている。耳部Dy10EとDy10Fは互いに平行で、耳部Dy10Dは耳部Dy10E、Dy10Fに対して垂直に形成されている。耳部Dy10D、Dy10E、Dy10Fの中央部には、それぞれの厚さ方向に打ち出し加工部が形成されている。

【0034】アノードAは、図4に示されるように、平面上に形成されたメッシュ状をなす二次電子受け部A1を有し、二次電子受け部A1の長手方向両端部に、二次電子受け部A1と面一をなして延びる耳部A2、A3が形成されている。

【0035】図6に示されるように、ダイノードDy1～Dy10及びアノードAは、その長手方向両端部において基板4、5に支持される。基板5にはスリット状の固定貫通孔Dy1c、Dy2d、Dy2e、Dy3c、Dy4d、Dy4e、Dy5c、Dy10d、Dy10e、Dy10f、a2、a3が穿設されている。図示はしないが、基板4にも同様のスリット状の固定貫通孔が形成されている。

【0036】図5はダイノードDy1～Dy10及びアノードAが基板4に保持され、基板5には未だ保持されていない様子を正面視したものである。図6は、各ダイノードDy1～Dy10及びアノードAを基板5に保持させるときの様子を示す。なお、各ダイノードDy1～Dy10及びアノードAの耳部Dy1C、Dy2D、Dy2E、Dy3C、Dy4D、Dy4E、Dy5C、Dy10D、Dy10E、Dy10Fを基板4に保持させる場合も、以下の説明と同様である。

【0037】第1段目のダイノードDy1は、第1の耳部Dy1Cが固定貫通孔Dy1cに挿入されることにより基板5に保持される。第2段目のダイノードDy2は、第1の耳部Dy2Dが固定貫通孔Dy2dに挿入され、第2の耳部Dy2Eが固定貫通孔Dy2eに挿入されることにより基板5に保持される。第3段目のダイノードDy3は、第1の耳部Dy3Cが固定貫通孔Dy3cに挿入されることにより基板5に保持される。第4段目のダイノードDy4は、第1の耳部Dy4Dが固定貫通孔Dy4dに挿入され、第2の耳部Dy4Eが固定貫通孔Dy4eに挿入されることにより基板5に保持される。第5段目のダイノードDy5は、第1の耳部Dy5Cが固定貫通孔Dy5cに挿入されることにより基板5に保持される。第6段目乃至第9段目のダイノードDy6～Dy9は、第2段目及び第4段目のダイノードDy2、Dy4と同様に、第1の耳部及び第2の耳部がそれぞれ対応する固定貫通孔に挿入されることにより基板5に保持される。ダイノードDy10は、耳部Dy10D

が固定貫通孔Dy10dに挿入され、耳部Dy10Eが固定貫通孔Dy10eに挿入され、耳部Dy10Fが固定貫通孔Dy10fに挿入されることにより基板5に保持される。アノードAは、耳部A2が固定貫通孔a2に挿入され、耳部A3が固定貫通孔a3に挿入されることにより基板5に保持される。

【0038】このとき、各耳部には上述のように打ち出し加工部が形成されているために、耳部が対応する固定貫通孔に圧入される形となり、ダイノードDy1～Dy10は、基板5に良好に固定される。第6段目乃至第9段目のダイノードDy1～Dy10の耳部についても同様である。

【0039】このとき、第1の耳部Dy1C、Dy2D、Dy3C、Dy4D、Dy5C及び耳部Dy10E、Dy10F、A2、A3は、基板5の厚さよりも長く形成されており、基板5から突出し、リードピン2Bに接続されるための端子となる。第6段目乃至第9段目のダイノードDy6～Dy9の第1の耳部についても同様である。これらの耳部Dy1C、Dy2D、Dy3C、Dy4D、Dy5C、Dy10E、Dy10F、A2、A3の基板5から突出した部分をひねることにより、ダイノードDy1～Dy5、Dy10、アノードAをより強固に基板5に固定してもよい。第6段目乃至第9段目のダイノードDy6～Dy9についても同様である。

【0040】一方、第2の耳部Dy2E、Dy4E及び耳部Dy10Dは、それぞれ基板5の厚さよりも短く形成されており、基板5の外側に突出することはない。配線の邪魔にならない。第6段目乃至第9段目のダイノードDy6～Dy9の第2の耳部についても同様である。また、基板5から突出する耳部を減らすことができるので、ダイノードDy1～Dy10の耳部同士の近接配置を回避することができ、耐圧の問題が生じない。

【0041】通常、第i段目のダイノードDy<sub>i</sub>の二次電子面から放出された二次電子が第(i+1)段目のダイノードDy<sub>(i+1)</sub>の二次電子面の効率の良い部分に入射するようにするため、第i段目のダイノードDy<sub>i</sub>の二次電子面と第(i+1)段目のダイノードDy<sub>(i+1)</sub>の二次電子面の間に、第(i+2)段目のダイノードDy<sub>(i+2)</sub>が入り込むように配置する。本実施の形態の光電子増倍管1においては、ダイノード内部空間経路が管軸を横切るようにダイノードDy1～Dy10が湾曲した列をなして配置されているため、湾曲の外側に配置されたダイノード同士の距離は大きくなる。これにより、第i段目のダイノードDy<sub>i</sub>の二次電子面と第(i+1)段目のダイノードDy<sub>(i+1)</sub>の二次電子面の間に、湾曲の外側に配置された第(i+2)段目のダイノードDy<sub>(i+2)</sub>が入り込みにくくなる。しかし、本実施の形態においては湾曲の外側に配置された第2段目、第4段目、第6段目、第8段目のダ

イノードDy2、Dy4、Dy6、Dy8の二次電子面を断面円弧状をなす曲面部Dy2A、Dy4A、Dy6A、Dy8Aと曲面部Dy2A、Dy4A、Dy6A、Dy8Aに面一に連なる平面部Dy2B、Dy4B、Dy6B、Dy8Bとにより形成したので、図1に示すように、第i段目のダイノードDy iの二次電子面と第(i+1)段目のダイノードDy(i+1)の二次電子面の間に、第(i+2)段目のダイノードDy(i+2)が入り込むように配置されている。こうして、第i段目のダイノードDy iと第(i+1)段目のダイノードDy(i+1)の間に第(i+2)段目のダイノードDy(i+2)の電位が染み込む。これにより、第i段目のダイノードDy iの二次電子面から放出された二次電子が第(i+2)段目のダイノードDy(i+2)に引き寄せられ、第(i+1)段目のダイノードDy(i+1)の二次電子面の効率の良い部分に入射することができる。

【0042】ここで、第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5の二次電子面を断面円弧状の部分のみによって形成したのは、前段のダイノードDy2、Dy4からの電子を受けやすく、しかも二次電子の放出方向を前段のダイノードDy2、Dy4の方向に少し向けてやることにより、二次電子が次段のダイノードDy4、Dy6に対して適正軌道をとるようにするためである。第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5の二次電子面が平面状であると、前段のダイノードDy2、Dy4と前々段のダイノードDy1、Dy3の間への第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5の電位の染み込みが大きくなりすぎ、第1段目及び第3段目のダイノードDy1、Dy3からの電子が、第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5の背面に引っ張られてしまって、第2段目及び第4段目のダイノードDy2、Dy4の二次電子面に入射しにくくなる。また、第2段目及び第4段目のダイノードDy2、Dy4の二次電子面から放出された電子が、第5段目及び第7段目のダイノードDy5、Dy7の電位に引っ張られてしまうことにより、次段の第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5の好ましい位置に入らないか、あるいは次段ダイノードを抜けて第5段目及び第7段目のダイノードDy5、Dy7の背面に入射してしまうことになる。

【0043】また、第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5の二次電子面を第2段目、第4段目、第6段目乃至第9段目のダイノードDy2、Dy4、Dy6～Dy9の二次電子面よりも面積が小さくなるよう形成したのは、湾曲した配列の内側に配置される第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5を小さくすることにより、ダイノード内部空間経路が管軸を横切るようにダイノードDy1～Dy10を湾曲した列に配置することを可能とするためである。一方で、湾曲した配列

の内側に配置される第7段目及び第9段目のダイノードDy7、Dy9の二次電子面を湾曲した配列の外側に配置される第2段目、第4段目、第6段目、第8段目のダイノードDy2、Dy4、Dy6、Dy8の二次電子面と同じ面積を有するよう形成したのは、比較的下段の方に位置するダイノードDy7、Dy9の二次電子面の近傍においては、電子の空間密度が高くなるため、これを少しでも緩和するためである。

【0044】図1に示されるように、ダイノードDy1～Dy10に取り囲まれる位置に、光電面2Aに平行な遮光板6が設けられる。遮光板6は、最終段近傍のダイノードDy7～Dy10と第1段目のダイノードDy1の間に位置して、最終段近傍のダイノードDy7～Dy10に電子が衝突する際に生じる光やイオンが光電面2Aに向かうのを防止している。遮光板6は、対応するリードピン2Bに接続されることにより、所定の電位とされる。

【0045】本発明の実施の形態による光電子増倍管1の動作について図1を参照して説明する。光電面2Aに光が入射すると、光電子が放出され、フォーカス電極3で収束されて第1段目のダイノードDy1に送られる。すると、第1段目のダイノードDy1から二次電子が放出され、これが第2段目乃至第10段目のダイノードDy2～Dy10へと順次送られて次々と二次電子が放出されてカスケード増倍される。最後に、アノードAに収集されて、アノードAから出力信号として取り出される。

【0046】本発明による光電子増倍管は上述した実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載した範囲で種々の変形や改良が可能である。例えば、上述の実施の形態においては第3段目のダイノード及び第5段目のダイノードの二次電子面を断面円弧状にしているが、第2段目、第4段目、第6段目乃至第9段目のダイノードと同様、断面円弧状の曲面部とそれに面一に連なる平面部の複合形状にし、第2段目、第4段目、第6段目乃至第9段目のダイノードと相似形で、これらを縮小した形状としてもよい。

【0047】

【発明の効果】請求項1記載の光電子増倍管によれば、第3段目及び第5段目のダイノードの二次電子面は該第2段目のダイノードの二次電子面よりも面積が小さい。このため、アノードを管軸に対して該第2段目のダイノードとは反対側に設けることができ、光電子増倍管を管軸方向に小型化することができる。

【0048】しかも、第(n-1)段目及び第(n-2)段目のダイノードは第2段目のダイノードと略同一形状であるために、第(n-1)段目及び第(n-2)段目のダイノードの近傍において電子密度が過度に増加することがない。このため、空間電荷の影響を小さくすることができ、パルスリニアリティを向上させることが

できる。また、アノードがメッシュ状になっているため、アノードを最終段のダイノードに近づけ、平行電界で電界強度を高め、空間電荷効果の影響を抑えることができる。これにより、パルスリニアリティを一層向上させることができる。しかも、比較的広い範囲で電子を受けて取込むことができる。

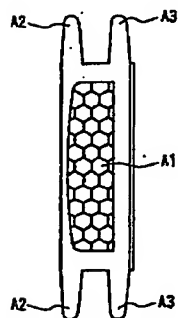
【0049】請求項2記載の光電子増倍管によれば、第2段目ダイノードの二次電子面は断面円弧状をなす曲面と該曲面に面一に連なる平面とからなるので、ボックスアンドグリッド型のダイノードを使用した場合と比較してダイノードの構成が単純で小型であるため、耐振性がよい。従って、石油資源探査等、高い耐振性が要求される環境でも使用することができる。また、時間応答性がよくなる。

【0050】請求項3記載の光電子増倍管によれば、第 $(n-3)$ 段目のダイノードが該第2段目のダイノードと略同一形状であるので、第 $(n-3)$ 段目のダイノード付近における電子密度の過度な増加を防止してパルスリニアリティを一層向上させることができる。

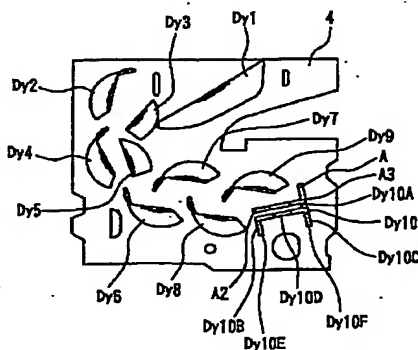
【0051】請求項4記載の光電子増倍管によれば、第 $(n-4)$ 段目のダイノードが該第2段目のダイノードと略同一形状であるので、第 $(n-4)$ 段目のダイノード付近における電子密度の過度な増加を防止してパルスリニアリティを一層向上させることができる。

【0052】請求項5記載の光電子増倍管によれば、第3段目及び第5段目のダイノードの二次電子面は断面円弧状をなすので、前段のダイノードからの電子を受けやすく、しかも二次電子の放出方向を前段のダイノードの方向に少し向けてやることにより、二次電子が次段のダイノードに対して適正軌道をとる。

【図4】



【図5】



\*【0053】請求項6記載の光電子増倍管によれば、第3段目及び第5段目のダイノードは該第2段目のダイノードと略相似形状で、該第2段目のダイノードを縮小した形状であるので、請求項5記載の光電子増倍管と略同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による光電子増倍管1を示す断面図。

【図2】本発明の実施の形態による光電子増倍管1の第2段目、第4段目、第6乃至第9段目のダイノードDy2、Dy4、Dy6～Dy9を示す図であり、(a)は正面図、(b)は下面図、(c)は側面図、(d)は斜視図である。

【図3】本発明の実施の形態による光電子増倍管1の第3段目及び第5段目のダイノードDy3、Dy5を示す図であり、(a)は正面図、(b)は下面図、(c)は側面図、(d)は斜視図である。

【図4】本発明の実施の形態による光電子増倍管1のアノードAを示す正面図。

【図5】ダイノードDy1～Dy10及びアノードAを基板4に保持させた様子を示す正面図。

【図6】ダイノードDy1～Dy10及びアノードAを基板5に挿入する様子を示す斜視図。

【符号の説明】

1 光電子増倍管

X 管軸

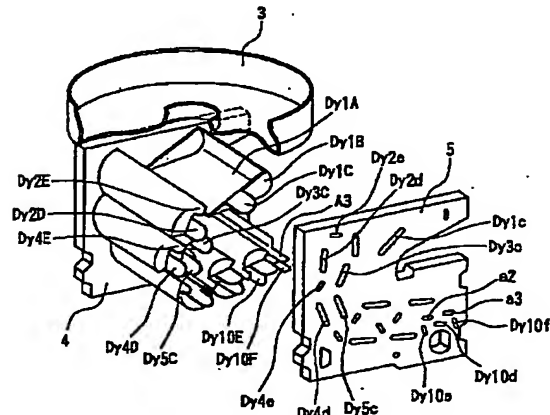
2 管状真空容器

2A 光電面

Dy1～Dy10 ダイノード

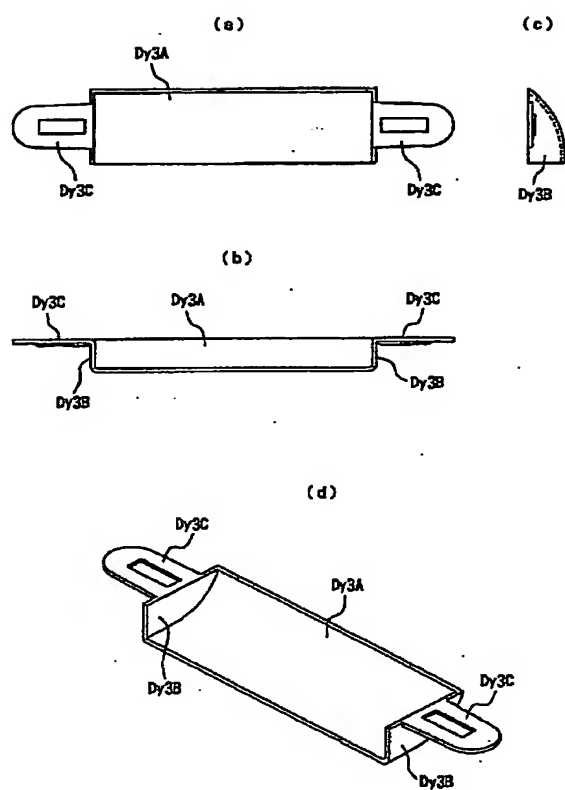
A アノード

【図6】





【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 石津 智洋  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 伊藤 益保  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内